

PATENT  
0513-1090

22553 U.S. PTO  
10/768164



IN THE U.S. PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of: Alain RENAULT  
Conf.:  
Appl. No.: NEW NON-PROVISIONAL  
Group:  
Filed: February 2, 2004  
Examiner:  
Title: METHOD FOR IMPLEMENTING A RESONATOR  
UNDER ELECTROSTATIC FORCES

CLAIM TO PRIORITY

Assistant Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

February 2, 2004

Sir:

Applicant(s) herewith claim(s) the benefit of the  
priority filing date of the following application(s) for the  
above-entitled U.S. application under the provisions of 35  
U.S.C. § 119 and 37 C.F.R. § 1.55:

<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Filed</u>
FRANCE	0301383	February 6, 2003

Certified copy(ies) of the above-noted application(s)  
is(are) attached hereto.

Respectfully submitted,

YOUNG & THOMPSON

\_\_\_\_\_  
Benoit Castel, Reg. No. 35,041

745 South 23<sup>rd</sup> Street  
Arlington, VA 22202  
Telephone (703) 521-2297

BC/yr

Attachment(s): 1 Certified Copy(ies)

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

### COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le **05 DEC. 2003**

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
[www.inpi.fr](http://www.inpi.fr)

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354\*03

## REQUÊTE EN DÉLIVRANCE page 1/2



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 • M / 210502

REMISE DES PIÈCES DATE 06 FEV. 2003 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0301383 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI 06 FEV. 2003 Vos références pour ce dossier (facultatif) 2F-1658 CAS 246 GF		<b>1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE</b>  CABINET BOETTCHER 22 rue du Général Foy 75008 PARIS	
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b>		<input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie	
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale ou demande de certificat d'utilité initiale		N° _____ N° _____	Date _____ Date _____
Transformation d'une demande de brevet européen Demande de brevet initiale		N° _____	Date _____
<b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b>  Procédé de mise en oeuvre d'un résonateur sous l'effet de forces électrostatiques			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)</b>		<input checked="" type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique	
Nom ou dénomination sociale		SAGEM SA	
Prénoms			
Forme juridique		Société Anonyme	
N° SIREN		15 16 20 82 90 91	
Code APE-NAF		1 1 1 1	
Domicile ou siège	Rue	Le Ponant de Paris 27 rue Leblanc	
	Code postal et ville	75 015 PARIS	
	Pays	FRANCE	
Nationalité		française	
N° de téléphone (facultatif)		N° de télécopie (facultatif)	
Adresse électronique (facultatif)			
<input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»			

Remplir impérativement la 2<sup>ème</sup> page



# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE  
page 2/2

**BR2**

REMISE DES PIÈCES DATE 06 JANV 2003 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0301383 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI	DB 540 W / 210502
<b>6 MANDATAIRE (s'il y a lieu)</b>			
Nom		FRUCHARD	
Prénom		Guy	
Cabinet ou Société		CABINET BOETTCHER	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel			
Adresse	Rue	22 rue du Général Foy	
	Code postal et ville	75 010 PARIS	
	Pays	FRANCE	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			
<b>7 INVENTEUR (S)</b>		Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques	
Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)	
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
Paiement échelonné de la redevance (en deux versements)		Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence): AG [ ] [ ] [ ] [ ] [ ]	
<b>10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS</b>		<input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences	
Le support électronique de données est joint		<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe		<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
<b>11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire) Guy FRUCHARD Mandataire CPI BREVET 92 1094		<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b>  C. TRAN	

La présente invention concerne un procédé de mise en œuvre d'un résonateur électrostatique pour une utilisation en tant que capteur de rotation inertiel.

#### ARRIERE PLAN DE L'INVENTION

5           On connaît, notamment, des documents EP-A-810 418 ou FR-A-2 792 722, des résonateurs électrostatiques comprenant un organe vibrant en forme de cloche métallisée adaptée à être mise en vibration à une fréquence de résonance sous l'effet de forces électrostatiques générées  
10 par des électrodes disposées en regard d'une partie de l'organe vibrant.

Le résonateur est adapté à fonctionner en mode gyrométrique ou en mode gyroscopique. Dans le mode gyrométrique, l'organe vibrant est excité au moyen d'une combinaison de signaux de commande appliqués à la fréquence  
15 de résonance de l'organe vibrant et modulés pour réaliser un signal de commande d'amplitude, un signal de commande de précession et un signal de commande de quadrature, ces signaux de commande étant appliqués de façon qu'une mesure de la vibration de l'organe vibrant et une démodulation de cette vibration à la fréquence de résonance de  
20 l'organe vibrant permettent par des équations appropriées de déterminer la vitesse de rotation à laquelle le résonateur est soumis.

25           La précision avec laquelle la vitesse de rotation est calculée est bien entendu fonction de la précision avec laquelle peuvent être déterminés les différents termes de l'équation donnant la vitesse de rotation à mesurer. Or il s'avère que l'un de ces termes est l'amplitude  
30 de la vibration obtenue par application de la commande d'amplitude. C'est ce terme qui est connu avec le moins de précision et de stabilité. Par ailleurs, la commande de quadrature s'applique dans les mêmes directions que la commande de précession et lorsque la commande de quadrature et la commande de précession sont toutes les deux  
35

appliquées sous forme d'un signal modulé à la fréquence de résonance, toute erreur de phase dans la réalisation de la commande de quadrature se projette sur la commande de précession et provoque une erreur de dérive du résonateur .

5 Les mêmes problèmes se posent lorsque le résonateur est mis en œuvre dans un mode gyroscopique, c'est-à-dire que l'organe vibrant est excité au moyen d'une combinaison de signaux de commande comprenant seulement un signal de commande d'amplitude et un signal de com-  
10 mande de quadrature.

Il est également connu du document US-B-5,850,041 de commander un résonateur en mode gyroscopique en appliquant la commande d'amplitude à une fréquence double  
15 de la fréquence de résonance et la commande de quadrature sous forme d'une tension continue. Toutefois d'après ce document la commande de quadrature est appliquée de façon séparée de la commande d'amplitude sur un nombre très important, de seize voire trente deux électrodes séparées.  
20 La réalisation du résonateur lui-même est donc extrêmement onéreuse, non seulement en raison de la difficulté de réaliser de façon précise un grand nombre d'électrodes mais également en raison de la difficulté à réaliser des connexions de toutes ces électrodes avec un calculateur  
25 extérieur. En outre, le circuit de commande associé est très complexe et donc également très onéreux.

#### OBJET DE L'INVENTION

Un objet de l'invention est de proposer un procédé de mise en œuvre d'un résonateur vibrant électrosta-  
30 tique fonctionnant avec une grande précision de préférence en utilisant un nombre réduit d'électrodes et de connexions de ces électrodes.

#### BREVE DESCRIPTION DE L'INVENTION

Selon un premier aspect de l'invention on propose  
35 un procédé de mise en œuvre en mode gyrométrique d'un ré-



sonateur comportant un organe vibrant adapté à être mis en vibration à une fréquence de résonance sous l'effet de forces électrostatiques générées par des électrodes disposées en regard d'une partie de l'organe vibrant, le  
5 procédé comportant les étapes d'exciter l'organe vibrant au moyen d'une combinaison de signaux de commande comprenant un signal de commande d'amplitude, un signal de commande de précession et un signal de commande de quadrature modulés en amplitude, de mesurer une vibration de  
10 l'organe vibrant et de démoduler la vibration à la fréquence de résonance de l'organe vibrant, le signal de commande de précession étant appliqué à une fréquence double de la fréquence de résonance. Ainsi, il se produit une intermodulation du signal de précession avec la va-  
15 riation de l'entrefer en regard des électrodes de commande, de sorte que par une conversion des formules trigonométriques d'argument double, présentes dans les termes résultant de l'excitation à une fréquence double, vers des formules trigonométriques d'argument simple et  
20 élimination des termes de valeur négligeable résultant de ce calcul on obtient une équation dans laquelle les termes qui comprennent l'amplitude de la vibration, sont éliminés. L'amplitude de la vibration n'a donc plus d'influence sur le calcul de la vitesse de rotation. La  
25 précision de la détermination de la vitesse de rotation du résonateur est donc augmentée.

Selon un mode de mise en œuvre avantageux en mode gyrométrique, et selon un mode de mise en œuvre de base en mode gyroscopique pour lequel le signal de commande de  
30 précession est supprimé, le signal de commande d'amplitude est appliqué à une fréquence double de la fréquence de résonance dans une phase d'entretien de la vibration de l'organe vibrant. Ainsi, dans un cas comme dans l'autre, on obtient une simplification des équations  
35 donnant la vitesse de rotation du résonateur de sorte

que l'électronique de commande et de détermination de la vitesse de rotation du résonateur , peut être simplifiée tout en permettant d'obtenir la précision requise.

5        Selon un deuxième aspect de l'invention, le signal de commande de quadrature est appliqué sous forme d'un signal continu sur des électrodes communes avec le signal de commande d'amplitude. Ainsi, toute erreur de phase par rapport à la commande de précession ou toute  
10        erreur d'orientation de la commande d'amplitude est éliminée tout en minimisant le nombre d'électrodes nécessaires à la mise en œuvre. Dans ce mode de mise en œuvre, les forces électrostatiques résultant de la commande de quadrature sont la conséquence d'une intermodulation résultant de la variation d'entrefer au regard des électrodes.  
15        Afin que cette variation d'entrefer soit maximale, le signal de commande d'amplitude est de préférence appliqué de façon que la vibration de l'organe vibrant soit orientée pour qu'un nœud de vibration soit en regard d'un intervalle entre deux électrodes. La partie de l'organe  
20        vibrant en regard d'une électrode est alors soumise à une variation d'entrefer non nulle qui permet d'obtenir une forte intermodulation et par voie de conséquence la meilleure précision de mesure.

       Selon encore un aspect de l'invention en relation  
25        avec la mise en œuvre du résonateur en mode gyroscopique, la commande d'amplitude à une fréquence double de la fréquence de résonance est appliquée à l'organe vibrant lui-même et la commande de quadrature est appliquée à des électrodes qui sont simultanément affectées à une détection.  
30        On obtient ainsi une dynamique accrue améliorant la précision de la mesure avec un minimum de connexions.

#### BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

       D'autres caractéristiques et avantages de  
l'invention apparaîtront à la lecture de la description  
35        qui suit d'un procédé de mise en œuvre d'un résonateur

hémisphérique vibrant en relation avec les figures ci-jointes parmi lesquelles :

- la figure 1 est une vue en coupe axiale selon la ligne I-I de la figure 2,

5        - la figure 2 est une vue de dessus des électrodes du résonateur coupé selon la ligne II-II de la figure 1.

#### DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

10        Pour une meilleure compréhension de l'invention, le résonateur a été représenté à une échelle très agrandie et en exagérant les épaisseurs des électrodes et des entrefers.

15        Dans le mode de réalisation illustré, le résonateur comporte de façon connue en soi un organe vibrant hémisphérique 1, par exemple une cloche réalisée en silice et fixée par une tige 4 à un socle 3. La surface interne de la cloche 1 ainsi que le bord de celle-ci et la tige 4 sont recouverts d'une couche de métal 2. Le socle 3 porte des électrodes principales désignées par la référence numérique générale 5 et par les références numériques particulières 5.1, 5.2..., 5.8 permettant de les identifier individuellement. Les électrodes 5 s'étendent en regard du bord de l'organe vibrant 1.

25        Dans le mode de réalisation illustré, le résonateur comporte en outre une électrode de garde généralement désignée en 6, divisée en deux parties 6.1 et 6.2 comprenant chacune quatre électrodes auxiliaires, portant la référence numérique générale 7, et les références numériques particulières 7.1 pour les électrodes auxiliaires de la partie 6.1, et 7.2 pour les électrodes auxiliaires de la partie 6.2. Les électrodes 7.1 et 7.2 s'étendent de façon alternée entre les électrodes 5. La partie 6.1 de l'électrode de garde est constituée d'un disque central à partir duquel les électrodes auxiliaires 35 7.1 s'étendent radialement vers l'extérieur tandis que la

partie 6.2 de l'électrode de garde est constituée d'un anneau circulaire s'étendant autour des électrodes 5 et comportant des électrodes auxiliaires 7.2 radialement en saillie vers l'intérieur.

5 Pour une mise en œuvre en mode gyrométrique, et selon le mode de mise en œuvre préféré, l'organe vibrant est tout d'abord mis en vibration par application d'un signal de commande d'amplitude CA. La mise en vibration ne peut être obtenue par un signal à une fréquence double  
10 de la fréquence de résonance de l'organe vibrant 1. Dans une phase de mise en vibration le signal de commande d'amplitude est donc appliqué à la fréquence de résonance. De préférence le signal de commande d'amplitude est appliqué de façon qu'une vibration de l'organe vi-  
15 brant soit orientée pour qu'un nœud de vibration soit en regard d'un intervalle entre deux électrodes. A cet effet, le signal de commande d'amplitude CA est appliqué modalement en quadrature à au moins deux électrodes. Dans le mode de réalisation illustré qui fonctionne en mode 2,  
20 le signal de commande d'amplitude CA est appliqué en phase à au moins deux électrodes à  $45^\circ$  l'une de l'autre, par exemple aux électrodes 5.1 et 5.2. La vibration résultante présente alors un ventre en regard de l'intervalle entre les électrodes 5.1 et 5.2 comme illus-  
25 tré par une flèche double en trait épais sur la figure. Des ventres correspondants apparaissent dans les intervalles entre les électrodes 5.3 et 5.4, 5.5 et 5.6, 5.7 et 5.8. Simultanément des nœuds se forment dans les intervalles entre les électrodes 5.2 et 5.3, 5.4 et 5.5,  
30 5.6 et 5.7, 5.8 et 5.1, comme illustré par des petits ronds en trait épais sur la figure 2. Pour augmenter la dynamique d'établissement de la vibration, les électrodes diamétralement opposées, c'est-à-dire les électrodes 5.5 et 5.6 dans l'exemple décrit ci-dessus, sont également  
35 alimentées avec le même signal de commande d'amplitude.

La vibration ainsi orientée a donc une amplitude non nulle en regard de chaque électrode principale 5.

La même position de la vibration peut également être obtenue en alimentant l'électrode 5.2 ou les électrodes 5.2 et 5.6 avec un signal CA, et l'électrode 5.3 ou les électrodes 5.3 et 5.7 avec un signal -CA (c'est-à-dire en opposition de phase).

Dans les applications où la commande est effectuée de façon alternée avec la détection par un multiplexage dans le temps de la commande et de la détection, la dynamique peut encore être augmentée en alimentant simultanément les huit électrodes principales 5. Pour une position de la vibration telle qu'illustrée sur la figure 2, on alimente dans ce cas les électrodes 5.1, 5.2, 5.5 et 5.6 avec un signal CA, et les électrodes 5.3, 5.4, 5.7 et 5.8 avec un signal -CA.

Dans le mode de mise en œuvre préféré, après la phase de mise en vibration, la commande d'amplitude est basculée sur une phase d'entretien dans laquelle le signal de commande d'amplitude CA est appliqué à une fréquence double de la fréquence de résonance. Le signal de commande peut alors être appliqué soit aux électrodes 5 soit à la couche métallisée 2 de la cloche 1. En effet à cette fréquence, la variation d'entrefer en regard des électrodes suffit à générer des forces électrostatiques qui entretiennent la vibration, même dans le cas où un même signal de commande est appliqué à toutes les électrodes 5 ou dans le cas où un signal de commande d'amplitude unique est appliqué à la cloche.

Après la phase de mise en vibration du résonateur, une commande de précession est appliquée pour maintenir l'orientation de la vibration en dépit des mouvements de l'équipement sur lequel est monté le résonateur. Selon l'invention cette commande de précession CP, dont l'amplitude est par ailleurs calculée de façon connue en

soi, est appliquée à une fréquence double de la fréquence de résonance, sur les électrodes de commande avec le signe approprié pour maintenir la vibration selon une orientation stable.

5 Parallèlement, la commande de quadrature CQ est de préférence appliquée selon l'invention selon un signal continu dont l'amplitude est calculée de façon connue en soi pour annuler la dérive du résonateur. Comme la commande de précession, la commande de quadrature est appli-  
10 quée de façon appropriée en fonction des électrodes utilisées pour l'application de cette commande.

A titre d'exemple, dans le cas où le signal de commande d'amplitude d'entretien est appliqué à la fréquence double de la fréquence de résonance, un signal CA  
15 - CP - CQ est appliqué à l'électrode 5.1 tandis qu'un signal CA + CP + CQ est appliqué à l'électrode 5.2. Comme précédemment, la dynamique peut être augmentée en appliquant respectivement les mêmes signaux aux électrodes 5.5 et 5.6. Dans le cas d'une utilisation des huit électro-  
20 des, le signal CA - CP - CQ est appliqué aux électrodes 5.1, 5.3, 5.5 et 5.7 et le signal CA + CP + CQ est simultanément appliqué aux électrodes 5.2, 5.4, 5.6, et 5.8. Dans le cas où le signal de commande d'amplitude CA est appliqué à la cloche, cette composante est supprimée du  
25 signal appliqué aux électrodes de commande.

Dans une mise en œuvre en mode gyrométrique, les deux parties 6.1 et 6.2 de l'électrode de garde sont reliées à la masse afin d'exercer les fonctions habituelles de réduction de la diaphonie entre les électrodes.

30 Dans le cas d'une utilisation de quatre électrodes seulement pour l'application des signaux de commande, les autres électrodes sont disponibles pour effectuer la détection de la vibration modifiée afin de calculer la commande de précession et la vitesse de rotation du résonateur. Une seule électrode peut être utilisée pour  
35

cette réception. Toutefois, pour une meilleure dynamique au moins deux électrodes, et de préférence quatre électrodes, sont utilisées pour la réception.

Dans l'exemple décrit ci-dessus où les signaux de commande sont appliqués aux électrodes 5.1, 5.2, 5.5, 5.6, et en désignant par D5.3 le signal détecté sur l'électrode 5.3, D5.4 le signal détecté sur l'électrode 5.4..., la mesure de l'amplitude de la vibration peut être réalisée par l'une des combinaisons D5.3 + D5.4, D5.3 + D5.7, D5.4 + D5.8, D5.3 + D5.8, D5.4 + D5.7 ou encore D5.3 + D5.4 + D5.7 + D5.8. Dans le cas d'un multiplexage permettant une alternance de la commande et de la détection, la mesure de l'amplitude peut être réalisée sur les huit électrodes 5 par la combinaison D5.1 + D5.2 + D5.5 + D5.6 - D5.3 - D5.4 - D5.7 - D5.8. La mesure de l'erreur d'asservissement peut être réalisée par une des combinaisons D5.3 - D5.4, D5.3 - D5.8, D5.7 - D5.4 ou D5.3 - D5.4 + D5.7 - D5.8.

Dans une mise en œuvre en mode gyroscopique, la commande de précession est supprimée mais le résonateur peut par ailleurs être mis en œuvre de la même façon que dans le mode gyrométrique. Toutefois, dans une mise en mode gyroscopique, l'orientation de la vibration n'est plus fixe et est fonction des mouvements auxquels le résonateur est soumis. En particulier, la position des nœuds évolue en fonction du mouvement du résonateur, de sorte qu'à certains instants, la position d'un nœud coïncide avec le centre d'une électrode et dans le cas d'un signal de commande de quadrature continu, celui-ci n'est plus soumis à une intermodulation en raison d'une absence de variation d'entrefer. Selon un autre aspect de l'invention, l'électrode de garde est utilisée pour appliquer la commande de quadrature à des électrodes qui ne sont pas en regard d'un nœud de vibration.

Pour la description de cette mise en œuvre, on

partira de la situation où les électrodes principales utilisées sont les électrodes 5.1, 5.2, 5.5 et 5.6. Dans la phase d'entretien et en l'absence de tout mouvement du résonateur, le signal  $CA - CQ$  est appliqué aux électrodes 5.1 et 5.5 tandis que le signal  $CA + CQ$  est appliqué aux électrodes 5.2 et 5.6. En supposant que le résonateur soit soumis à un mouvement faisant tourner la vibration dans le sens des aiguilles d'une montre, le nœud qui était initialement entre les électrodes 5.2 et 5.3 se déplace jusqu'au moment où ce nœud est voisin du milieu de l'électrode 5.2. Dans cette situation la commande de quadrature appliquée à l'électrode 5.2 perd son efficacité. Pour éviter cette perte d'efficacité, on bascule le signal  $CA - CQ$  sur la partie 6.1 de l'électrode de garde et le signal  $CA + CQ$  sur la partie 6.2 de l'électrode de garde. Le nœud qui est en regard de l'électrode 5.2 se trouve alors à mi-chemin entre les électrodes 7.1 et 7.2 respectivement soumises aux signaux  $CA - CQ$  et  $CA + CQ$ . L'entrefer en regard des électrodes 7.1 et 7.2 est donc variable de sorte que la commande de quadrature est soumise à une intermodulation. La commande de quadrature retrouve donc sa pleine efficacité. Les signaux de commande sont ainsi alternativement appliqués aux électrodes principales 5 et aux électrodes secondaires 7 au fur et à mesure de la rotation de la vibration afin de maintenir les nœuds de vibration entre les électrodes auxquelles le signal de commande de quadrature est appliqué. On notera à ce propos que pour basculer les signaux de commande d'un groupe d'électrodes à l'autre, il suffit de ramener à zéro l'amplitude du signal de commande sur les électrodes inactives sans qu'il soit nécessaire d'effectuer une commutation du signal de commande d'un groupe d'électrodes à l'autre. Le procédé peut donc être utilisé dans le domaine spatial dans lequel il n'est pas possible d'utiliser des commutateurs électroniques.



Ainsi qu'il a été indiqué ci-dessus l'augmentation du nombre d'électrodes auxquelles les signaux de commande sont appliqués permet d'augmenter la dynamique et donc la précision du fonctionnement. En outre dans les résonateurs utilisés dans le domaine spatial il n'est pas possible d'effectuer une commutation des électrodes entre une fonction de commande et une fonction de détection. Pour une mise en œuvre dans ce domaine il est donc habituellement nécessaire d'affecter la moitié des électrodes principales à la commande et l'autre moitié à la détection.

Selon un mode de mise en œuvre préféré de l'invention en mode gyroscopique il est néanmoins possible d'affecter les mêmes électrodes à la commande et à la détection.

Selon ce mode de mise en œuvre, dans la phase d'entretien de la vibration, la commande d'amplitude est appliquée à la cloche à une fréquence double de la fréquence de résonance. Le signal de commande de quadrature continu -CQ est appliqué aux électrodes principales 5.1, 5.3, 5.5 et 5.7 tandis que le signal de commande de quadrature continu CQ est appliqué aux électrodes principales 5.2, 5.4, 5.6 et 5.8.

Simultanément chacune des électrodes principales et auxiliaires est reliée à un organe de détection qui de façon connue en soi est un amplificateur de charge, c'est-à-dire un amplificateur opérationnel comportant un condensateur disposé entre l'entrée inverseuse reliée à une électrode du résonateur et la sortie de l'amplificateur. Par ailleurs, le signal de commande de quadrature est appliqué sur l'entrée non inverseuse et s'ajoute au signal de détection. Le signal de commande de quadrature étant une tension connue et continue, il est facile de soustraire ce signal pour obtenir le signal de détection seul. On notera à ce propos que deux électrodes

diamétralement opposées peuvent être reliées en parallèle à un même amplificateur de charge.

Lors de la rotation de la vibration, la commande de quadrature est appliquée alternativement sur les électrodes principales et sur les électrodes auxiliaires  
5 comme indiqué précédemment. En définitive, avec cette mise en œuvre de l'invention, il suffit de onze connexions (la cloche, les huit électrodes principales et les deux parties de l'électrode de garde) pour pouvoir  
10 appliquer le signal de commande à huit électrodes et recueillir le signal de détection sur huit électrodes.

A ce propos selon encore un aspect de l'invention, il est possible de calibrer le gain des détecteurs pour que celui-ci soit le même selon deux voies  
15 en quadrature. A cet effet une analyse de la vibration est effectuée à une fréquence double de la fréquence de résonance pour des électrodes modalement en quadrature lorsqu'un nœud de vibration est en regard de celles-ci. Ce calibrage peut être effectué soit dans une phase  
20 d'initialisation en appliquant une commande de précession pour placer un nœud de vibration successivement en regard de chacune des électrodes, soit en effectuant une mesure de calibrage chaque fois que la vibration est détectée dans une position pour laquelle un nœud de vibration est  
25 en regard d'une électrode. A titre d'exemple dans une phase d'initialisation, la vibration est tout d'abord orientée pour qu'un nœud de vibration soit en regard des électrodes 5.2, 5.6, 5.4 et 5.8, les électrodes 5.2 et 5.6 étant reliées en parallèle à un premier amplificateur  
30 de charge ayant un gain  $G1$  tandis que les électrodes 5.4 et 5.8 sont reliées à un second amplificateur de charge ayant un gain  $G2$ . Une démodulation de la vibration à une fréquence double de la fréquence de résonance permet de déterminer les gains  $G1$  et  $G2$ . La vibration est ensuite  
35 orientée pour qu'un nœud de vibration soit en regard des

électrodes 5.1, 5.3, 5.5 et 5.7. De la même façon que précédemment on détermine les gains  $G_3$  et  $G_4$  des amplificateurs de charge associés à chaque paire d'électrode. On compare ensuite  $G_1 + G_2$  à  $G_3 + G_4$  et on en déduit un coefficient  $k$  pour que  $G_1 + G_2 = k (G_3 + G_4)$ . Le coefficient  $k$  est ensuite appliqué lors de la détection démodulée à la fréquence de résonance. On notera que l'équilibrage de gain a été décrit en relation avec deux groupes d'électrodes en quadrature comprenant chacun quatre électrodes. L'équilibrage du gain peut également être effectué sur deux électrodes seulement, par exemple en mesurant  $G_1$  sur l'électrode 5.2 seulement et  $G_3$  sur l'électrode 5.1 seulement puis en déterminant le coefficient  $k$  pour que  $G_1 = k G_3$ .

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux modes de mise en œuvre décrits et est susceptible de variantes qui apparaîtront à l'homme de métier sans sortir du cadre de l'invention tel que défini par les revendications.

En particulier, bien que la mise en œuvre du procédé selon l'invention ait été décrite en relation avec un signal de commande d'amplitude à une fréquence double de la fréquence de résonance dans la phase d'entretien, ce qui simplifie les équations en mode gyrométrique puisque le signal de précession est lui-même à une fréquence double de la fréquence de résonance, on peut appliquer le signal de commande d'amplitude à la fréquence de résonance.

De même, dans le mode gyrométrique, si l'on souhaite simplifier les calculs en acceptant une légère dérive, on peut appliquer la commande de quadrature à la fréquence de résonance ou au double de la fréquence de résonance.

Par ailleurs, l'application d'un signal de quadrature continu en relation avec une commande d'amplitude

à une fréquence double de la fréquence de résonance tend à faire perdre de la dynamique. Si on souhaite récupérer une dynamique importante tout en acceptant une dégradation partielle de la stabilité, on peut appliquer une  
5 commande de quadrature selon un signal continu tout en appliquant une commande d'amplitude à la fréquence de résonance.

Dans le mode de réalisation préféré la commande d'amplitude est appliquée pour que la vibration obtenue  
10 présente des nœuds entre les électrodes, ce qui permet d'obtenir de fortes variations d'entrefer en regard des électrodes et donc une intermodulation maximale entre les variations d'entrefer et les signaux de commande continus ou les signaux de commande à une fréquence double de la  
15 fréquence de résonance. Le procédé selon l'invention peut également être mis en œuvre avec une dynamique moins importante en générant la vibration de façon classique de façon que la vibration présente des nœuds et des ventres en regard des électrodes. Cette perte de dynamique devra  
20 alors être compensée par une électronique de commande et une électronique de détection plus puissantes.

Bien que l'invention ait été décrite en relation avec un résonateur hémisphérique, l'invention s'applique à tout résonateur à commande électrostatique.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de mise en œuvre en mode gyrométrique d'un résonateur comportant un organe vibrant (1) adapté  
5 à être mis en vibration à une fréquence de résonance sous l'effet de forces électrostatiques générées par des électrodes disposées en regard d'une partie de l'organe vibrant, le procédé comportant les étapes d'exciter l'organe vibrant au moyen d'une combinaison de signaux de  
10 commande comprenant un signal de commande d'amplitude (CA), un signal de commande de précession (CP) et un signal de commande de quadrature (CQ) modulés en amplitude, de mesurer une vibration de l'organe vibrant et de démoduler la vibration à la fréquence de résonance de  
15 l'organe vibrant, caractérisé en ce que le signal de commande de précession (CP) est appliqué à une fréquence double de la fréquence de résonance.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que dans une phase de mise en vibration, le signal  
20 de commande d'amplitude (CA) est appliqué à la fréquence de résonance de l'organe vibrant et dans une phase d'entretien le signal de commande d'amplitude (CA) est appliqué à une fréquence double de la fréquence de résonance.

25 3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que dans la phase d'entretien, le signal de commande d'amplitude (CA) est appliqué sur au moins une moitié des électrodes réparties de façon symétrique par rapport à l'organe vibrant, ou à l'organe vibrant lui-même.

30 4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le signal de commande l'amplitude (CA) est appliqué de façon que la vibration de l'organe vibrant soit orientée pour qu'un nœud de vibration soit en regard de chaque intervalle entre deux électrodes.

35 5. Procédé selon la revendication 3 et la reven-

5      dication 4 prises en combinaison, caractérisé en ce qu'au moins pendant la phase de mise en vibration, le signal de commande d'amplitude (CA) est appliqué à au moins deux électrodes modalement en quadrature l'une par rapport à l'autre.

10      6. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le signal de commande de quadrature (CQ) est un signal continu appliqué sur des électrodes communes au signal de commande d'amplitude (CA) et au signal de commande de précession (CP).

15      7. Procédé de mise en œuvre en mode gyroscopique d'un résonateur comportant un organe vibrant (1) adapté à être mis en vibration à une fréquence de résonance sous l'effet de forces électrostatiques générées par des électrodes disposées en regard d'une partie de l'organe vibrant, le procédé comportant les étapes d'exciter l'organe vibrant au moyen d'une combinaison de signaux de commande comprenant dans une phase d'entretien un signal de commande d'amplitude (CA) à une fréquence double de la  
20      fréquence de résonance de l'organe vibrant, et un signal de commande de quadrature (CQ) continu, tous les deux modulés en amplitude, de mesurer une vibration de l'organe vibrant et de démoduler la vibration à la fréquence de résonance de l'organe vibrant, caractérisé en ce que les  
25      signaux de commande d'amplitude et les signaux de commande de quadrature sont appliqués en quadrature à des électrodes communes.

30      8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que le signal de commande d'amplitude (CA) est appliqué à au moins la moitié des électrodes réparties de façon symétrique.

9. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que le signal de commande de quadrature est appliqué à des électrodes encadrant un nœud de vibration.

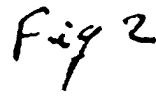
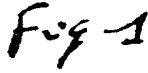
35      10. Procédé de mise en œuvre en mode gyroscopique


d'un résonateur comportant un organe vibrant (1) adapté à être mis en vibration à une fréquence de résonance au moyen d'une combinaison de signaux de commande comprenant dans une phase d'entretien un signal de commande d'amplitude (CA) à une fréquence double de la fréquence de résonance de l'organe vibrant, et un signal de commande de quadrature (CQ) continu, tous les deux modulés en amplitude, caractérisé en ce que le procédé comporte les étapes d'appliquer le signal de commande d'amplitude sur l'organe vibrant lui-même, d'appliquer le signal de commande de quadrature sur les électrodes disposées en regard de l'organe vibrant, et de détecter simultanément sur ces mêmes électrodes une vibration de l'organe vibrant.

11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que le signal de commande de quadrature est appliqué à des électrodes encadrant un nœud de la vibration de l'organe vibrant.

12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que le signal de commande de quadrature est appliqué alternativement à deux groupes d'électrodes intercalées les unes avec les autres.

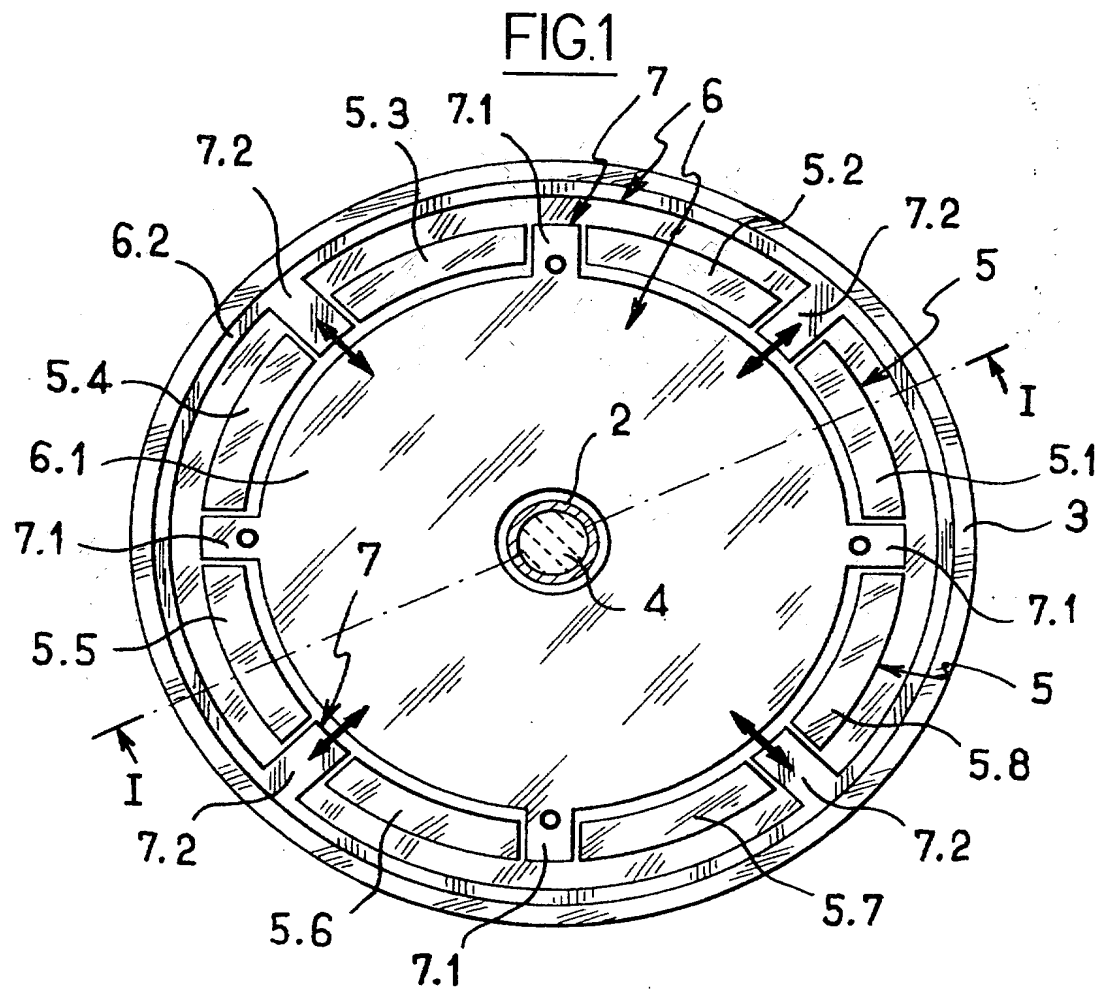
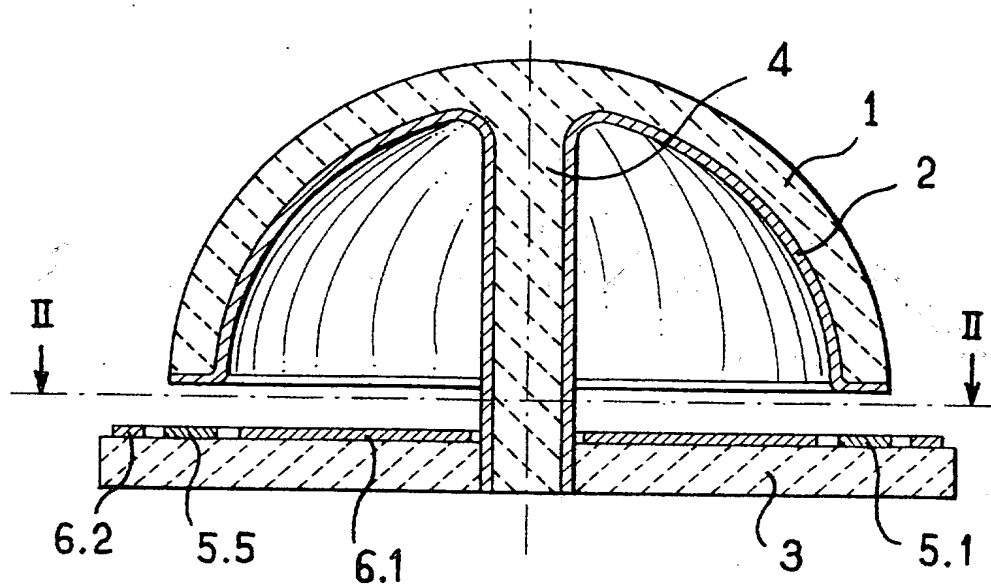
13. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'un équilibrage de gain de détection d'électrodes en quadrature est réalisé par une analyse de la vibration à une fréquence double de la fréquence de résonance pour déterminer les gains de détection réels, et calcul d'un coefficient d'équilibrage.



  
Le Mandataire



1 / 1



X. Jaurès  
—  
M. Jaurès



DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

**BREVET D'INVENTION**  
**CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

  
N° 11235\*02

**DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1. / 1..**  
 (Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 260899

<b>Vos références pour ce dossier</b> (facultatif)		2F-1658 CAS 246 GF	
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL</b>		03 01 383	
<b>TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum)			
Procédé de mise en oeuvre d'un résonateur sous l'effet de forces électrostatiques			
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b>			
SAGEM SA			
<b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b> (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		RENAULT	
Prénoms		Alain	
Adresse	Rue	51 Chemin du Chou	
	Code postal et ville	95300	PONTOISE (FRANCE)
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
<b>DATE ET SIGNATURE(S)</b> <b>DU (DES) DEMANDEUR(S)</b> <b>OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)			
PARIS, le 06 février 2003 Guy FRUCHARD Mandataire CPI BREVET 92 1094			

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.  
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.